

D01班 公募研究

粒子識別を目的とした 新型泡箱検出器の開発

東北大学 丸藤祐仁

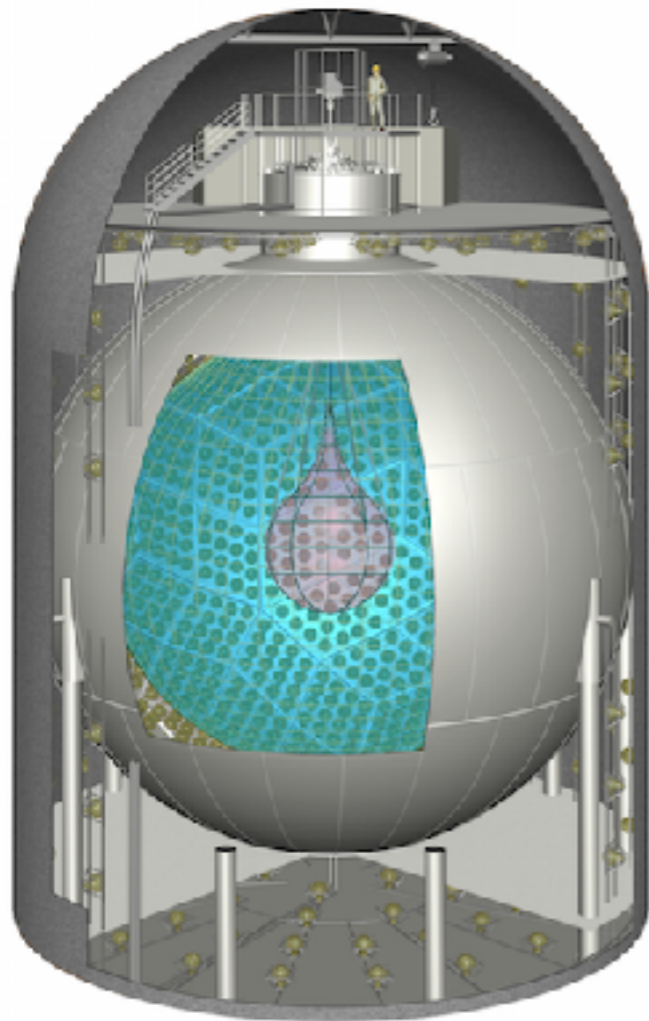
2017年5月21日

代表 丸藤祐仁

連携 玉江京子

極低バックグラウンド実験

- ・ 深かい
- ・ 極低バックグラウンド
- ・ 粒子識別
 - Coincidence
 - 光, 電離, 熱の組み合わせ
 - 事象パターン



A01班

KamLAND-Zen (^{136}Xe のニュートリノレス二重 β 崩壊探索)

液体シンチレータの発光で物理事象を検出

信号: Q値2.458MeV の 2β ($0\nu\beta\beta$)

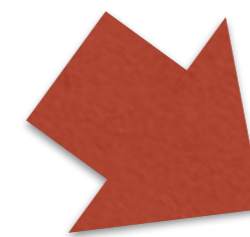
バックグラウンド

^{214}Bi からの β, γ (容器内、表面の ^{238}U が原因)

^{10}C からの β^+

$^{110\text{m}}\text{Ag}$ からの β, γ

$2\nu\beta\beta$ のしみ込みの 2β

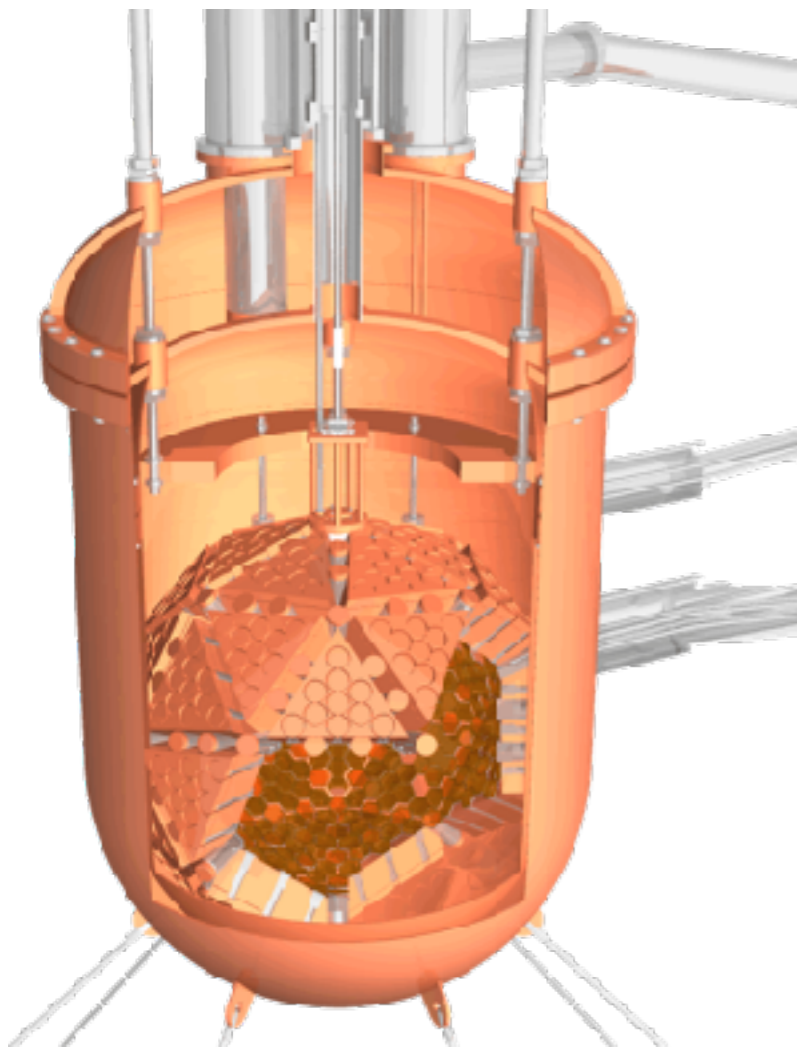


事象ごとの除去が不可能

粒子の飛跡や事象パターンが確認できれば粒子識別とB.G.除去が可能

極低バックグラウンド実験

- ・ でかい
- ・ 極低バックグラウンド
- ・ 粒子識別
 - Coincidence
 - 光, 電離, 熱の組み合わせ
 - 事象パターン



B01班

XMASS (Xe をターゲットとした暗黒物質探索)

液体Xeシンチレータの発光で物理事象を検出

信号：数keV程度の原子核反跳事象

バックグラウンド

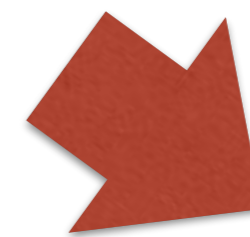
有効体積外からの光 (PMTの ^{238}U , ^{232}Th などが原因)

^{85}Kr からの β

^{210}Bi (^{210}Pb)からの β, γ

太陽 ν (弾性散乱 β)

^{136}Xe からの $2\nu\beta\beta$



事象ごとの除去が不可能

粒子の飛跡や事象パターンが確認できれば粒子識別とB.G.除去が可能

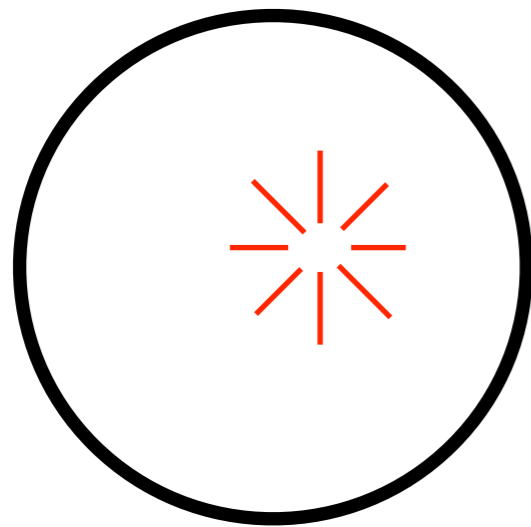
極低バックグラウンド実験

- ・ でかい
- ・ 極低バックグラウンド

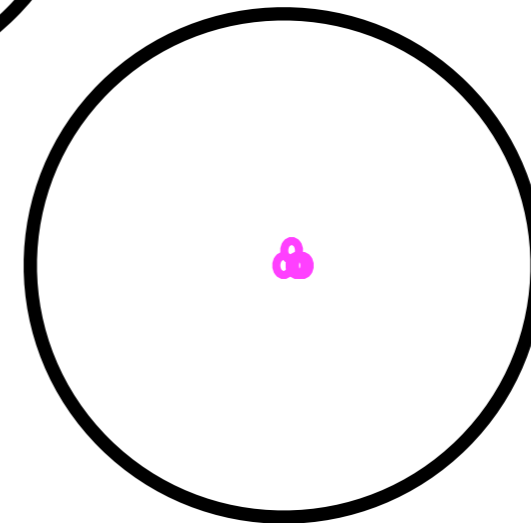
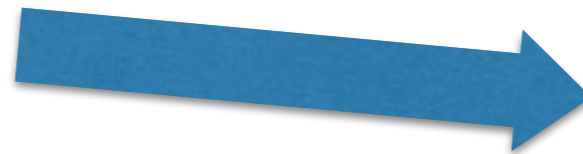
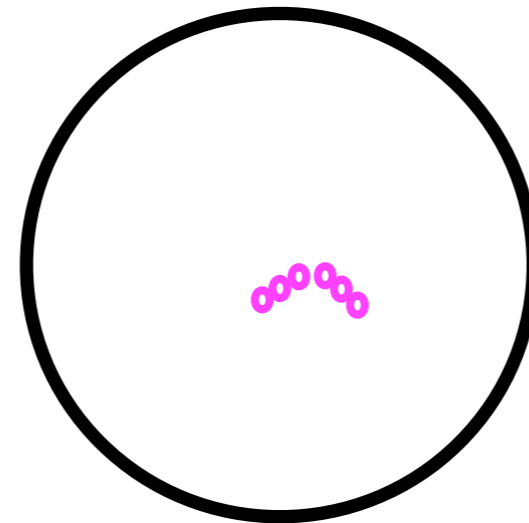
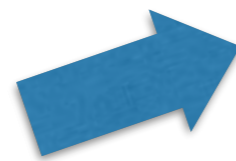
・ 粒子識別

- Coincidence
- 光, 電離, 熱の組み合わせ
- 事象パターン

キセノン泡箱



発光

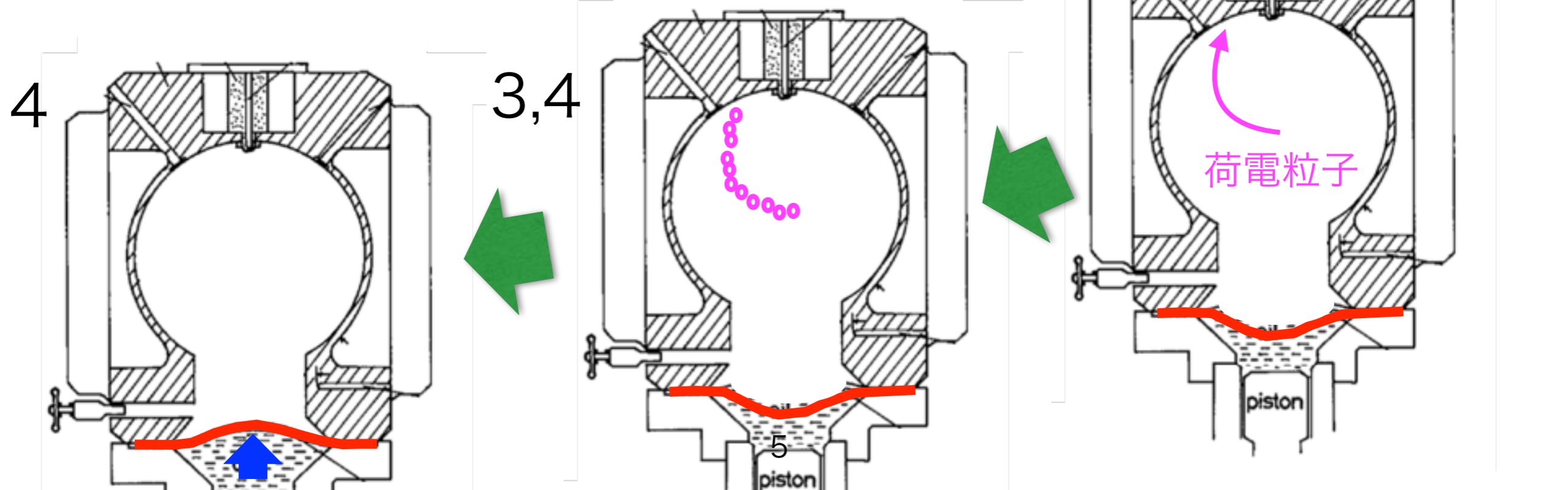


事象パターンの確認

2つの情報からバックグラウンド除去を行う

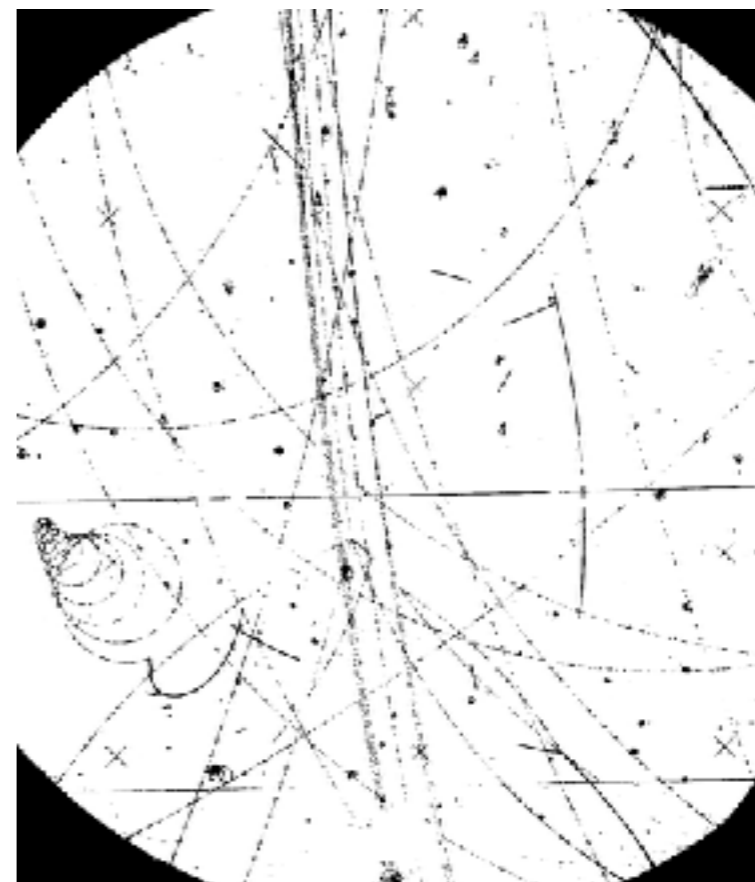
泡箱

1. 液体が沸騰する付近の温度を保持して、容積を急膨張させる(減圧する)と、加熱液体 ($T >$ 沸騰温度) ができる。
2. この時、荷電粒子が通ると、電離されたイオンの再結合によって熱が発生する。
3. この熱によって局所的に沸騰して10ミクロン程度の小さな泡が発生する。
4. 連続する泡をたどると、荷電粒子の飛跡が見える。
5. 加圧して泡を消して1に戻る。



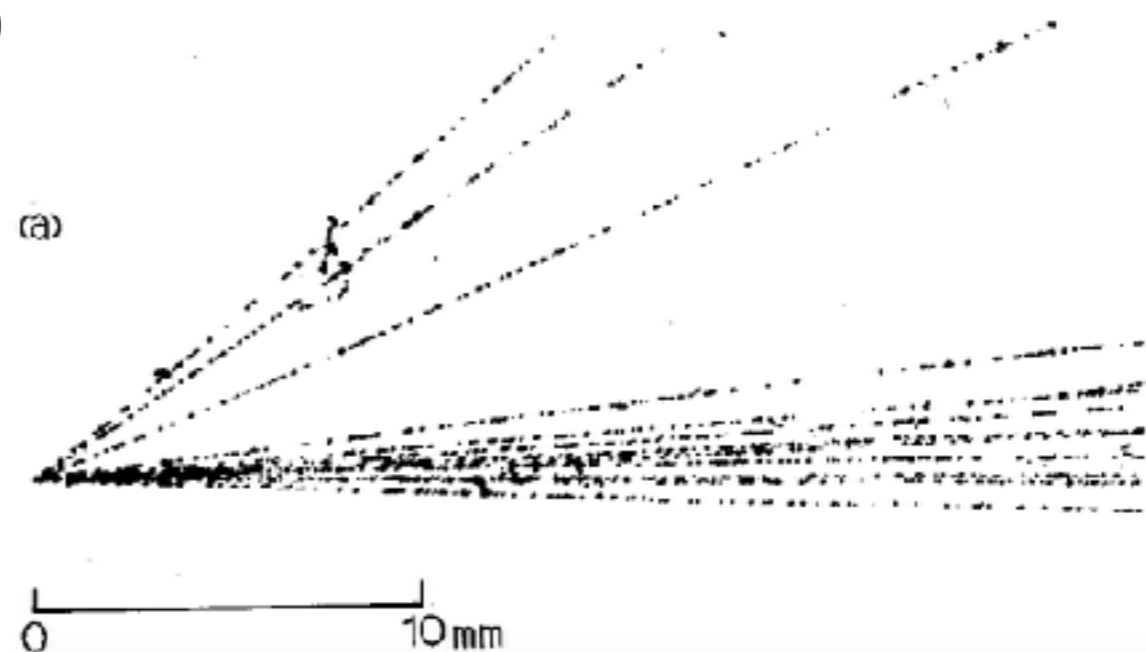
泡箱

- ・ 飛跡が明確
- ・ 1960年～70年代に加速器実験で活躍
- ・ 衝突ビーム型で使えない
- ・ 100GeV以上ではサイズの的にハドロンシャワーを吸収できない
- ・ 定期的に dead time が存在する



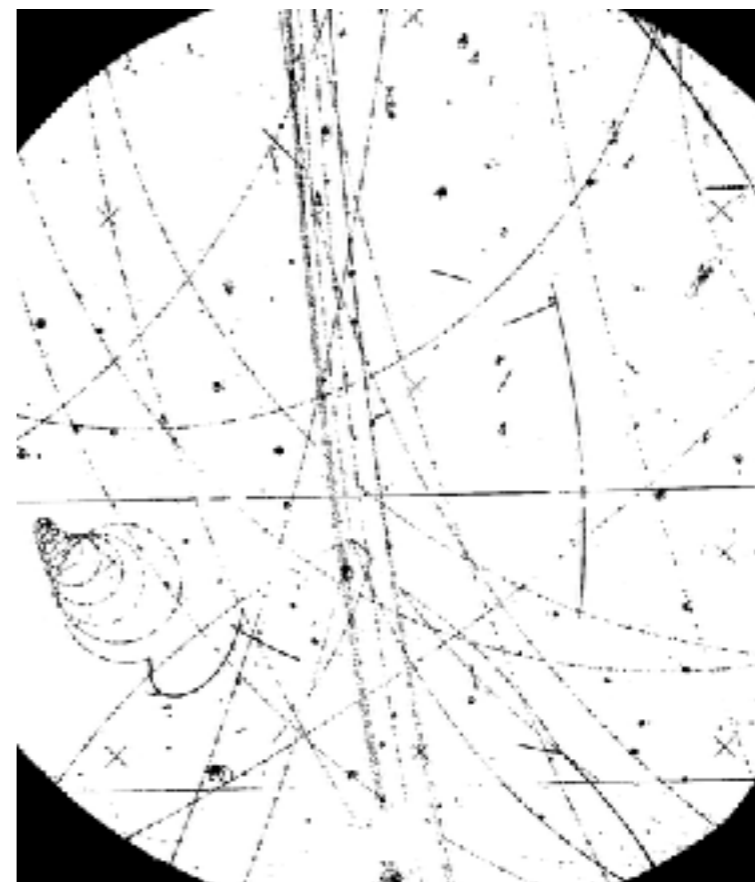
東北大学理学部附属泡箱写真解析施設
(東北大学ニュートリノ科学研究センターの前身)

- ・ 1971年～1998年
- ・ ν によるチャームバリオンの生成(FNAL)
- ・ $\gamma + p$ によるチャームメソンの生成(SLAC)
- ・ ν によるチャームメソンの生成(FNAL)



泡箱

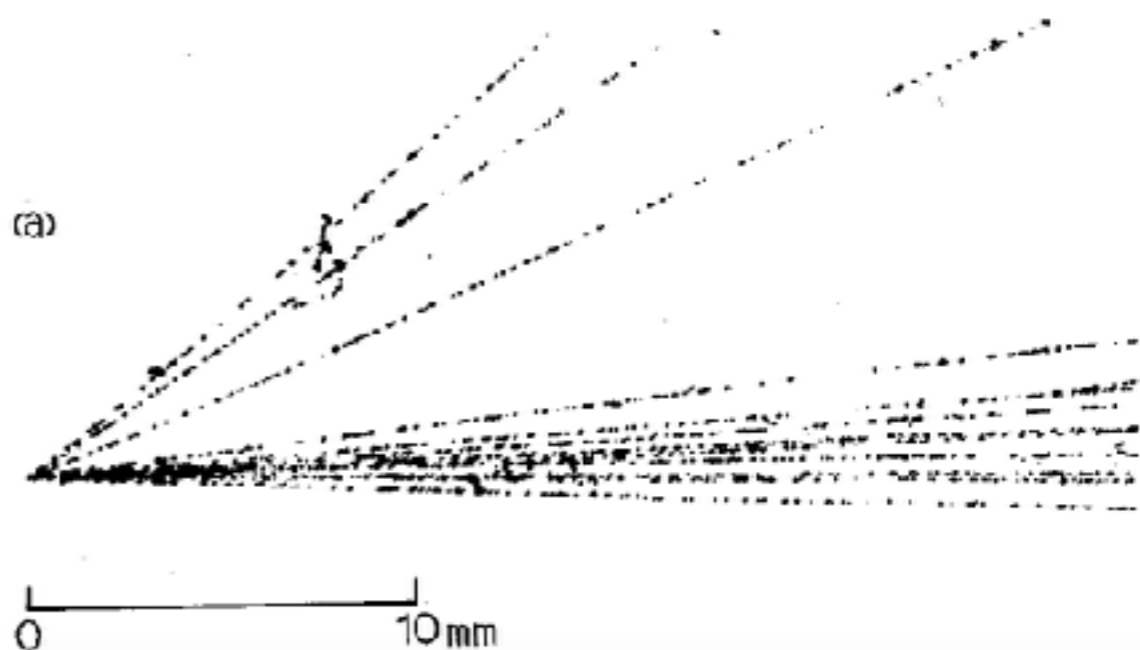
- ・ 飛跡が明確
- ・ 1960年～70年代に加速器実験で活躍
- ・ 衝突ビーム型で使えない
- ・ 100GeV以上ではサイズの的にハドロンシャワーを吸収できない
- ・ 定期的に dead time が存在する



東北大学理学部附属泡箱写真解析施設
(東北大学ニュートリノ科学研究センターの前身)

- ・ 1971年～1998年
- ・ ν によるチャームバリオンの生成(FNAL)
- ・ $r+p$ によるチャームメソンの生成(SLAC)
- ・ ν によるチャームメソンの生成(FNAL)

gando@[awa.tohoku.ac.jp](mailto:gando@awa.tohoku.ac.jp)

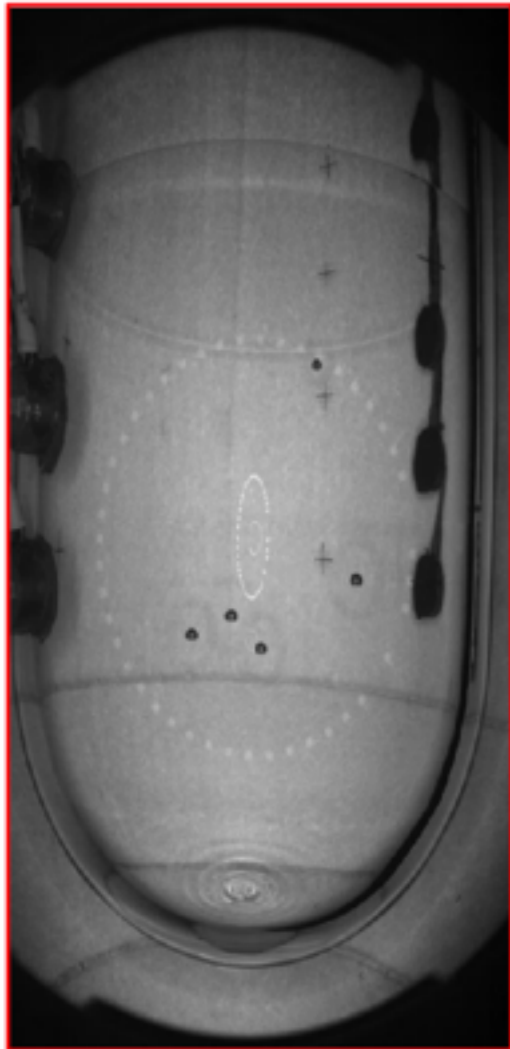


先行実験

- 暗黒物質探索 -

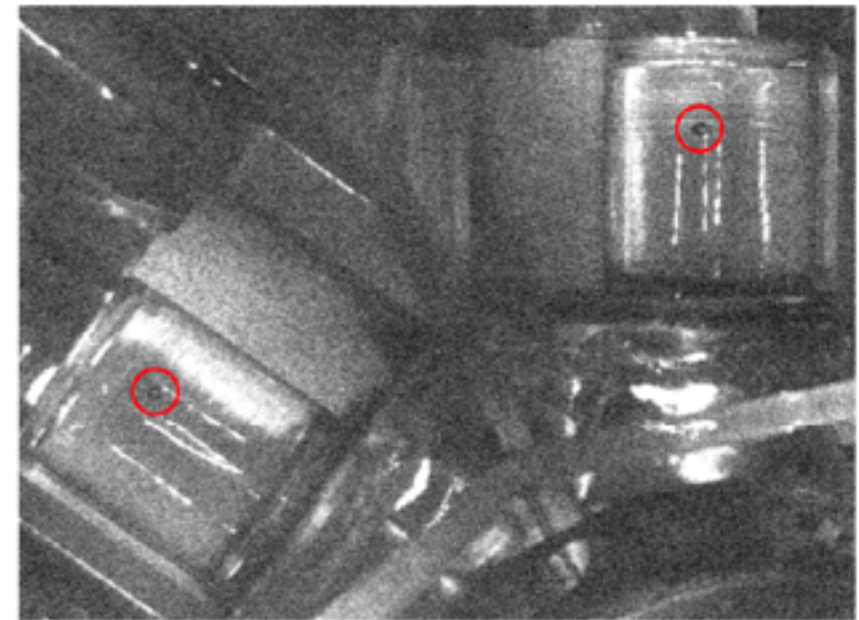
PICO

- PICASSO+COUPP
- C_3F_8 (PICO-2L, PICO-60L)



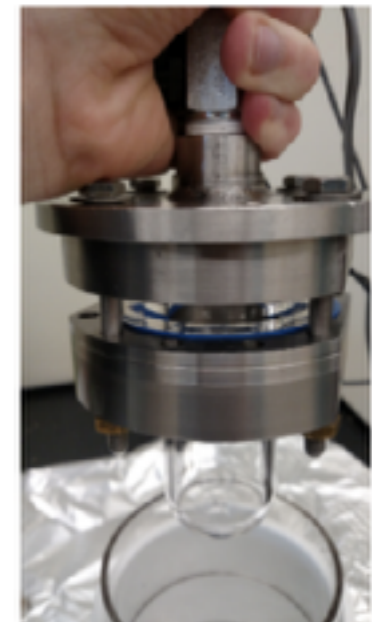
Xe泡箱1

- Northwestern Univ.
- LXe



Xe泡箱2

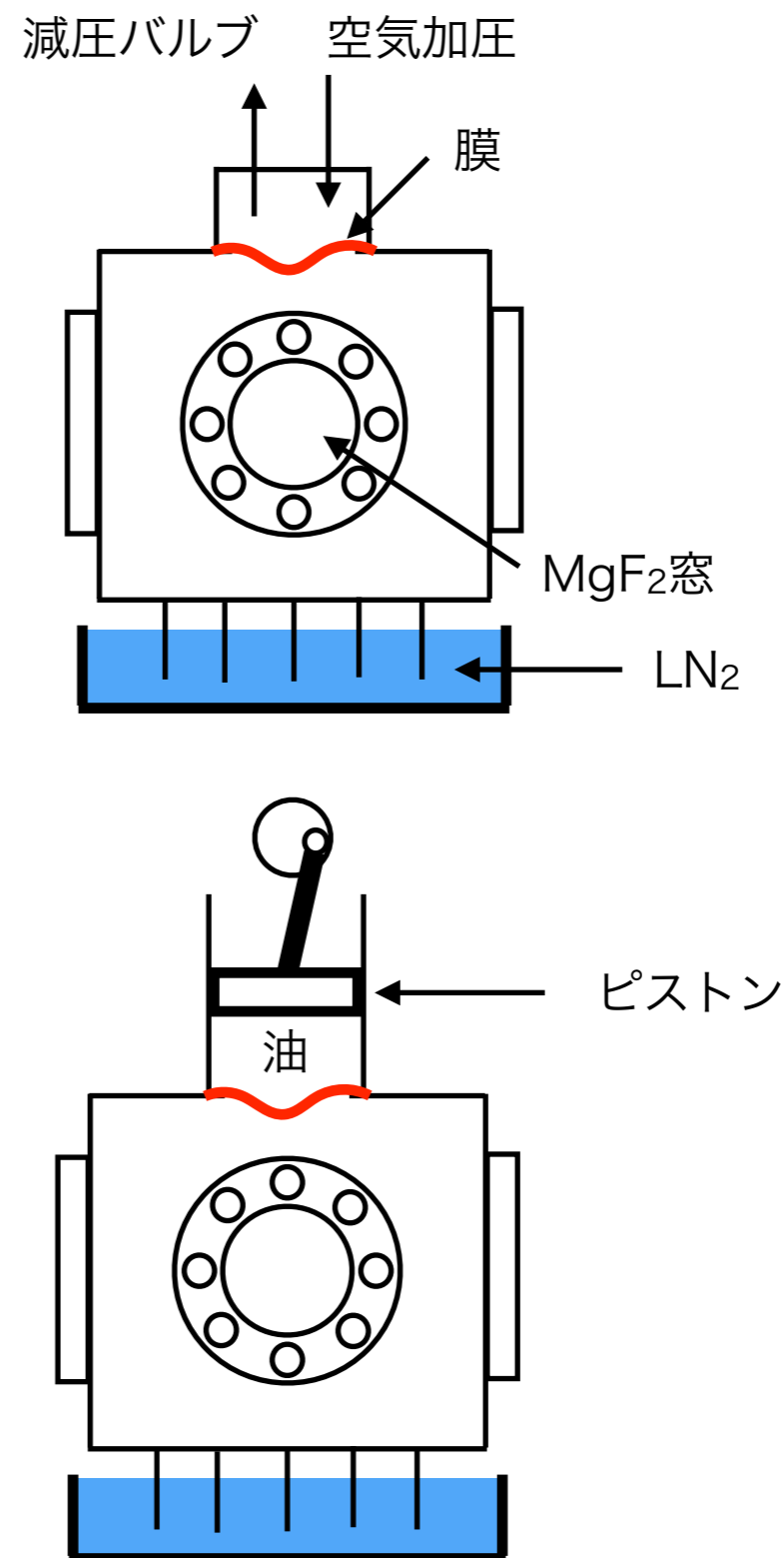
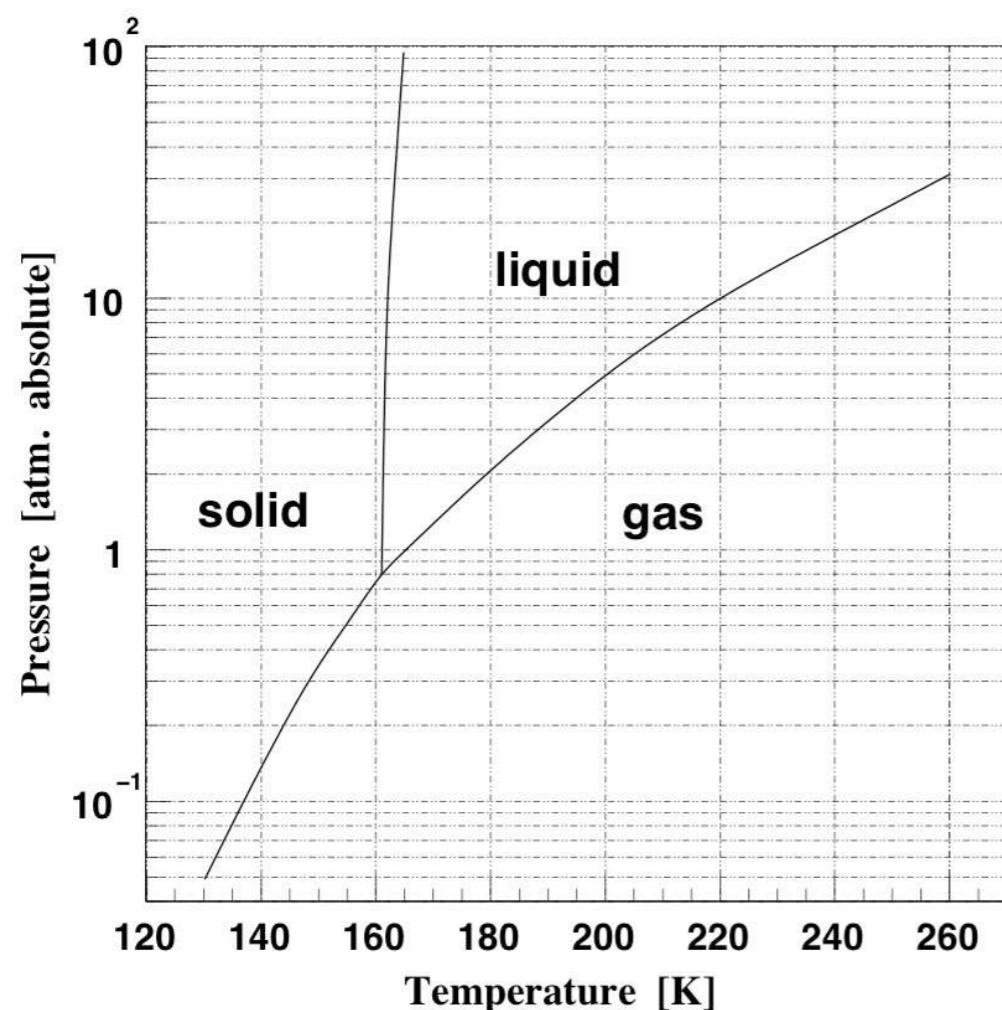
- Univ. at Albany, SUNY
- LXe



キセノン泡箱の製作

泡箱検出器を製作

- ・ <100ccの小型泡箱容器を製作
- ・ 加熱液体状態の実現環境の確認とパラメータ、保持可能時間の確認
- ・ 泡生成パターンの写真撮影と分析

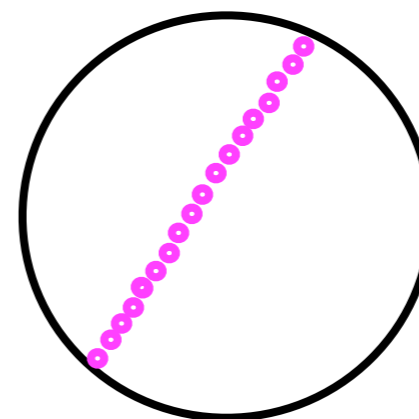
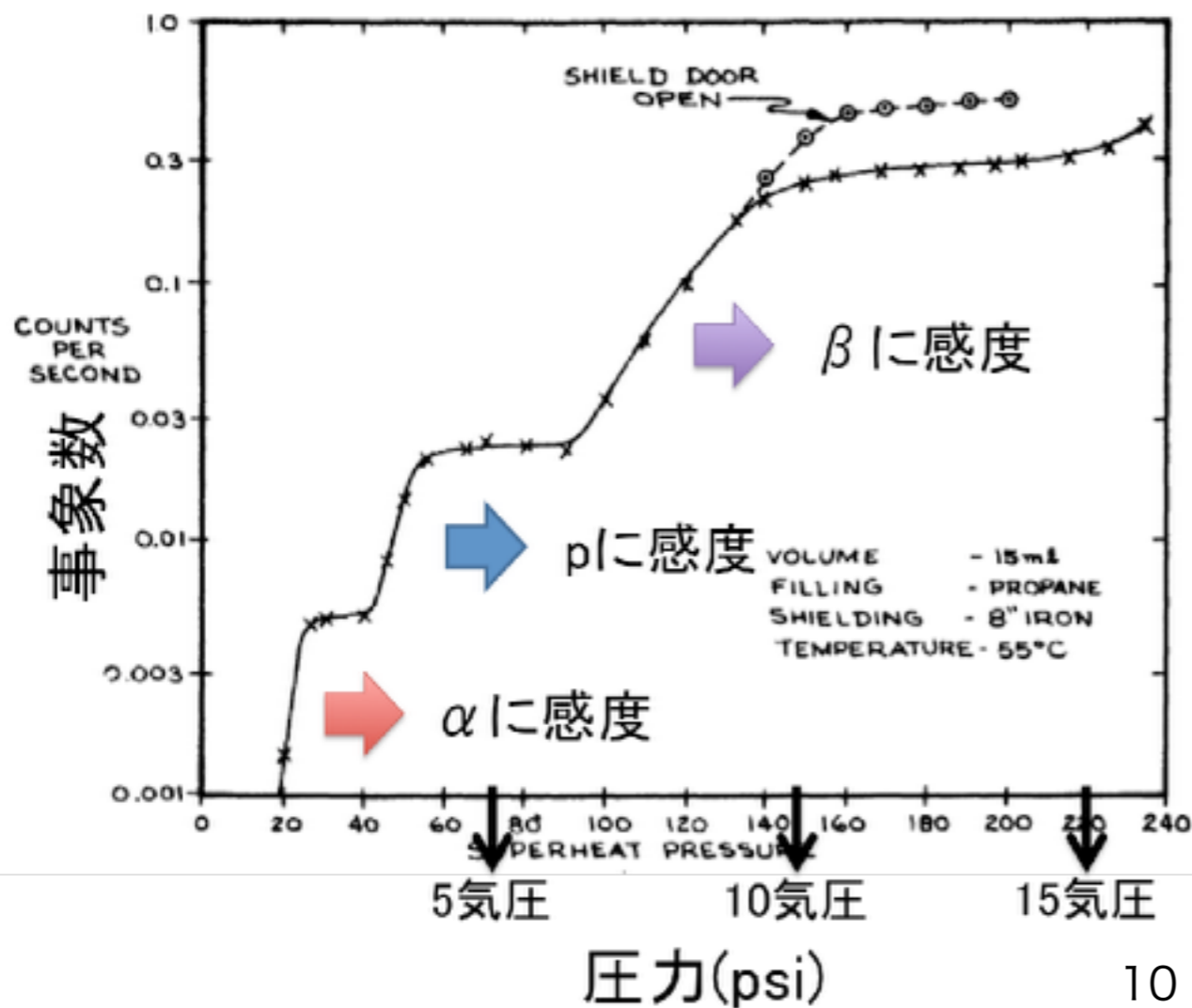


事象パターンの確認

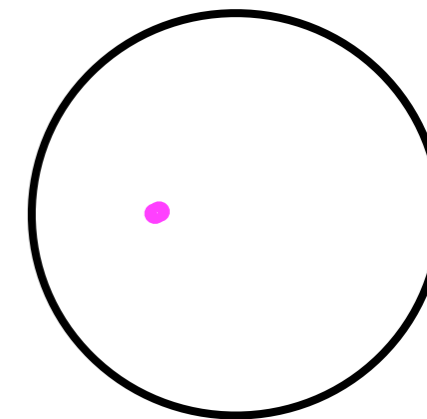
物理事象の検出

- 線源などを用いた事象パターンの確認

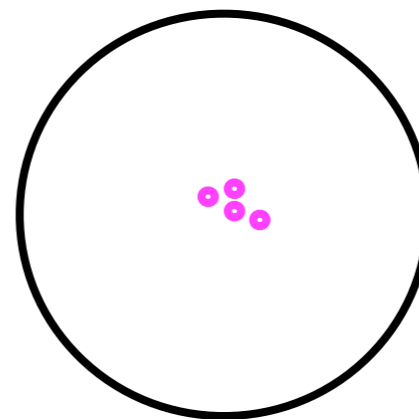
プロパン泡箱 J.R.Waters, et.al., (1969)



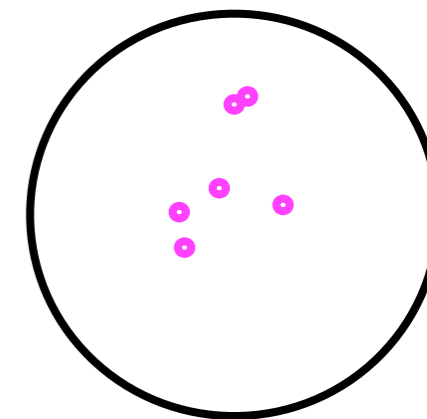
宇宙線 μ



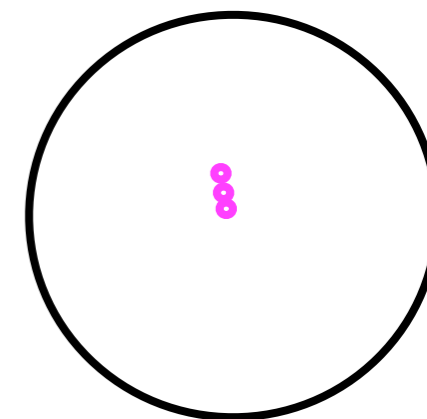
ラドンからの α



中性子



γ 線

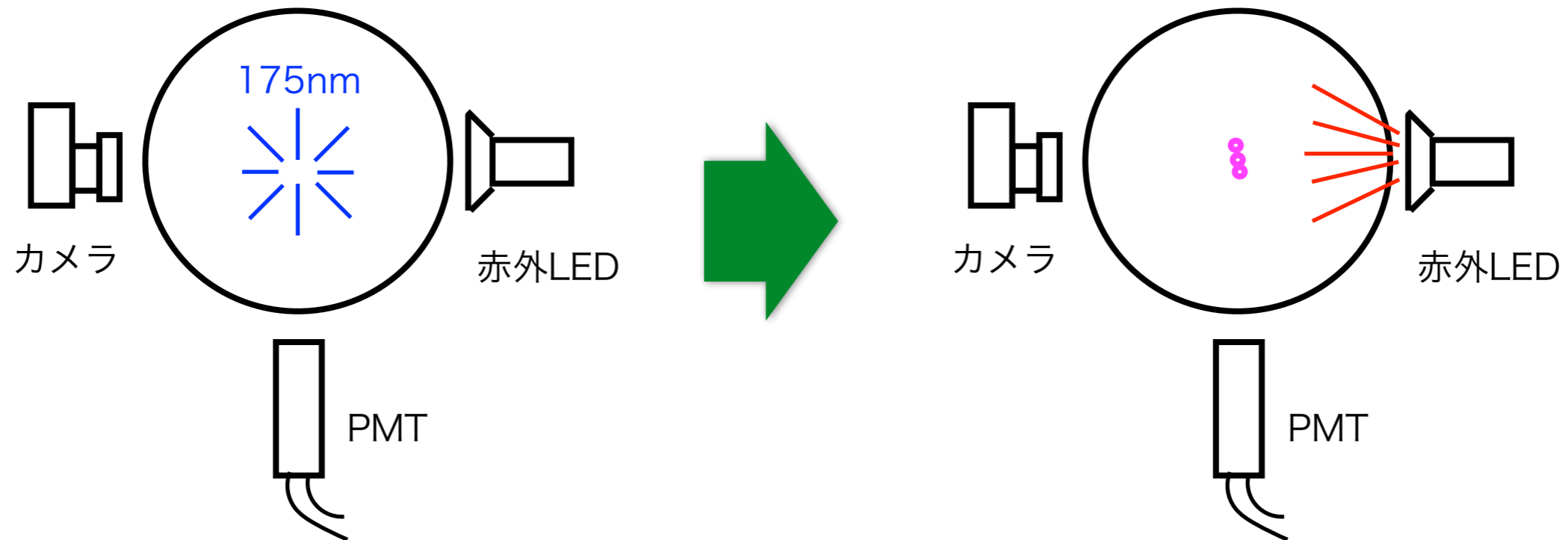


γ の後方散乱
事象を用いた β

キセノン泡箱の複合測定

- キセノン発光+PMT
- 赤外LED+カメラ

シンチレーション光測定と泡箱写真の複合測定



PMT による発光測定

- ・ エネルギー測定
- ・ カメラのトリガー

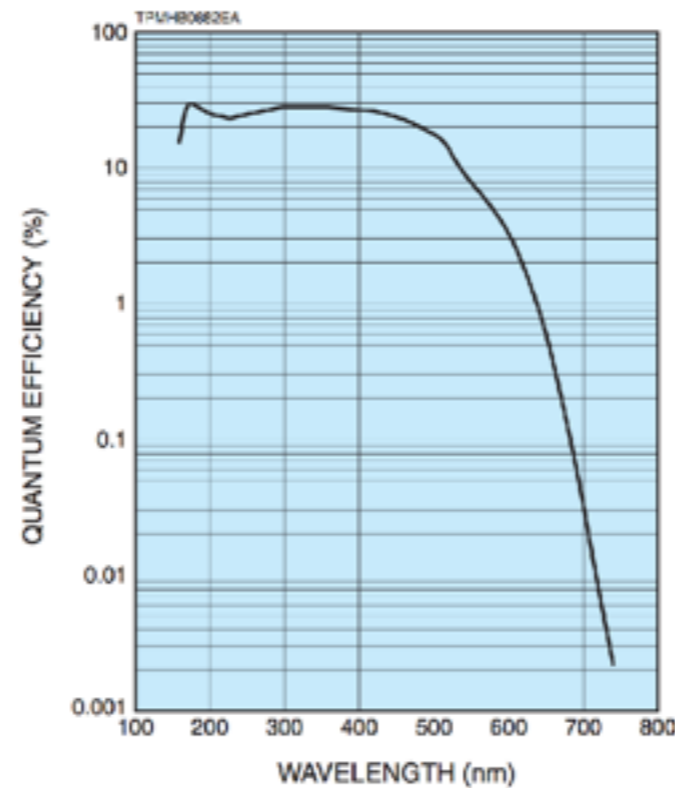
赤外LEDとカメラによる泡測定

- ・ 粒子識別
- ・ 事象位置測定
- ・ エネルギー測定

キセノン泡箱の複合測定

- キセノン発光+PMT
- 赤外LED+カメラ

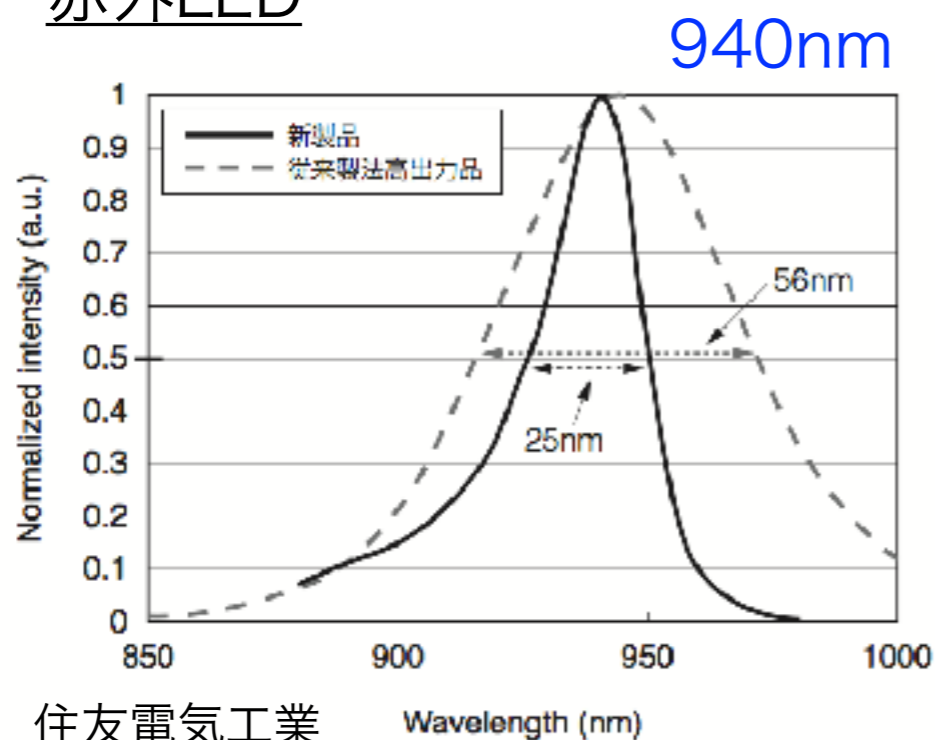
R8520-406



PMT

- ・ キセノン発光に感度
- ・ 赤外に感度無し

赤外LED



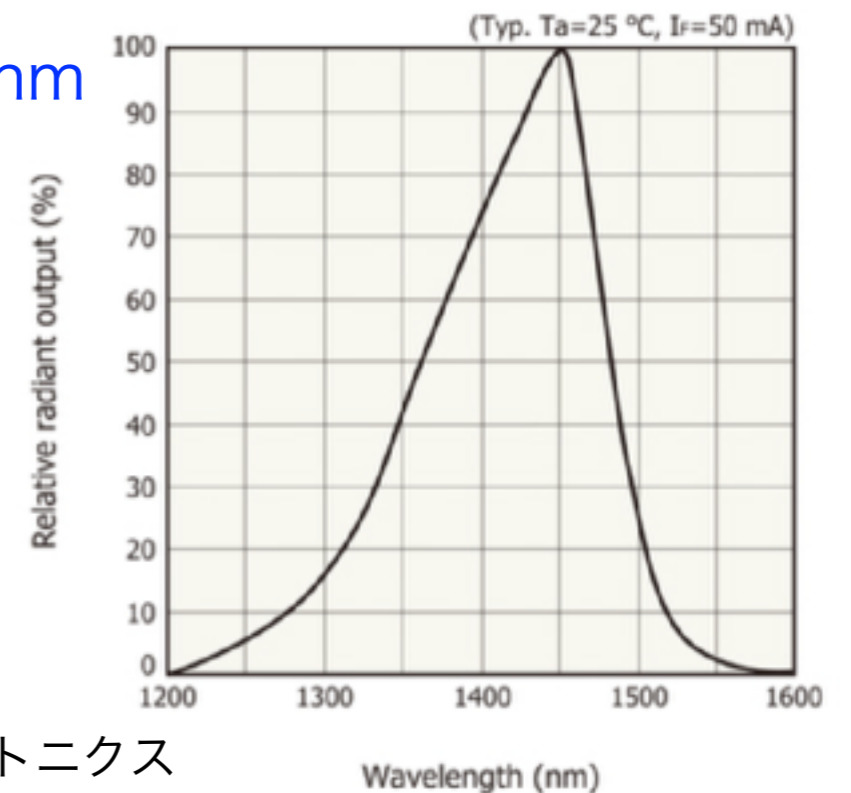
住友電気工業

1450nm



12

浜松ホトニクス

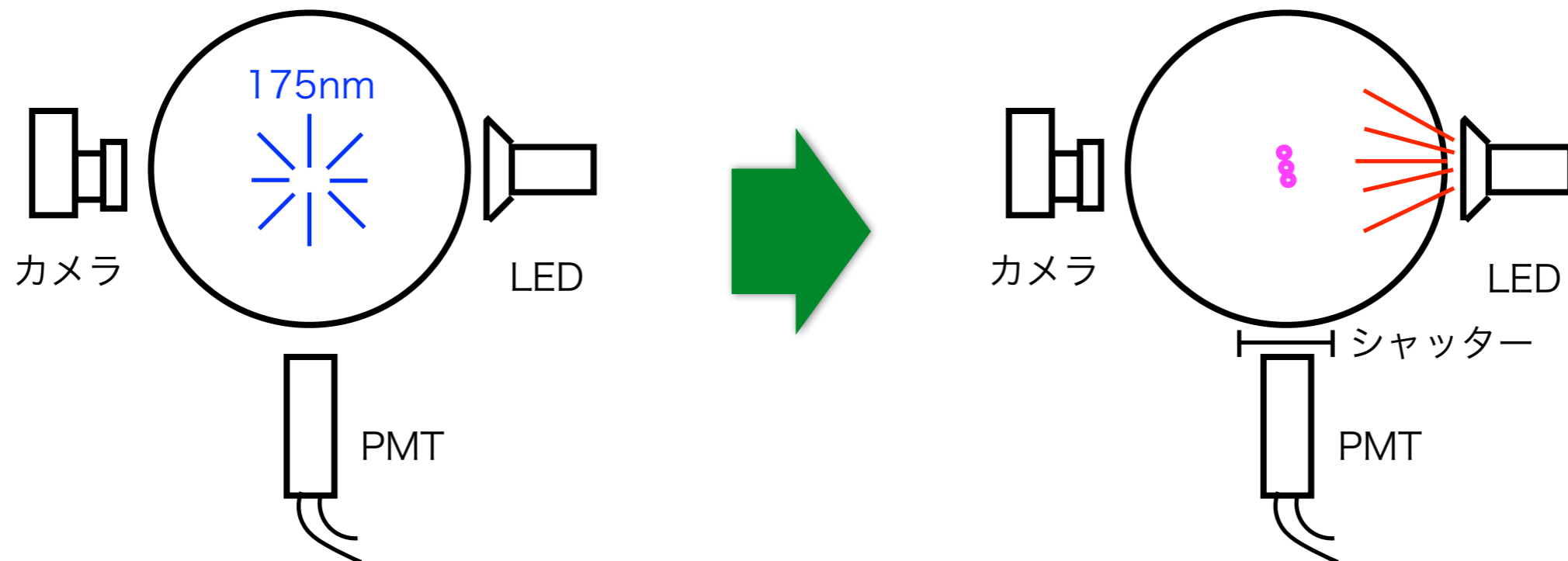


Wavelength (nm)

キセノン泡箱の複合測定

- キセノン発光
- + PMT+シャッター
- LED+カメラ

シンチレーション光測定と泡箱写真の複合測定



PMT による発光測定

- ・ エネルギー測定
- ・ カメラのトリガー

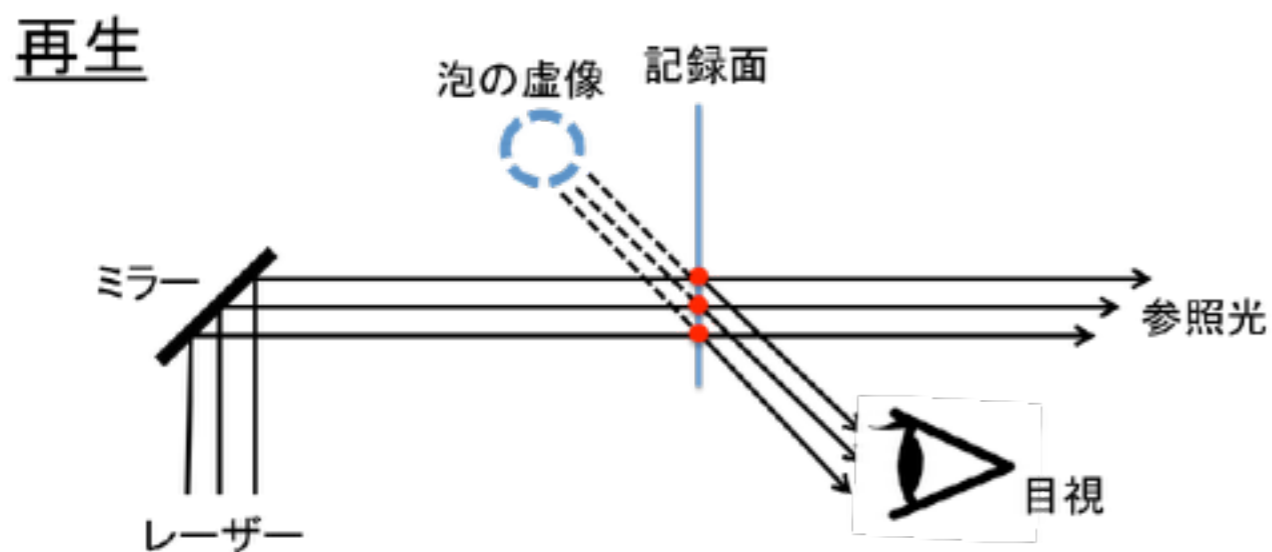
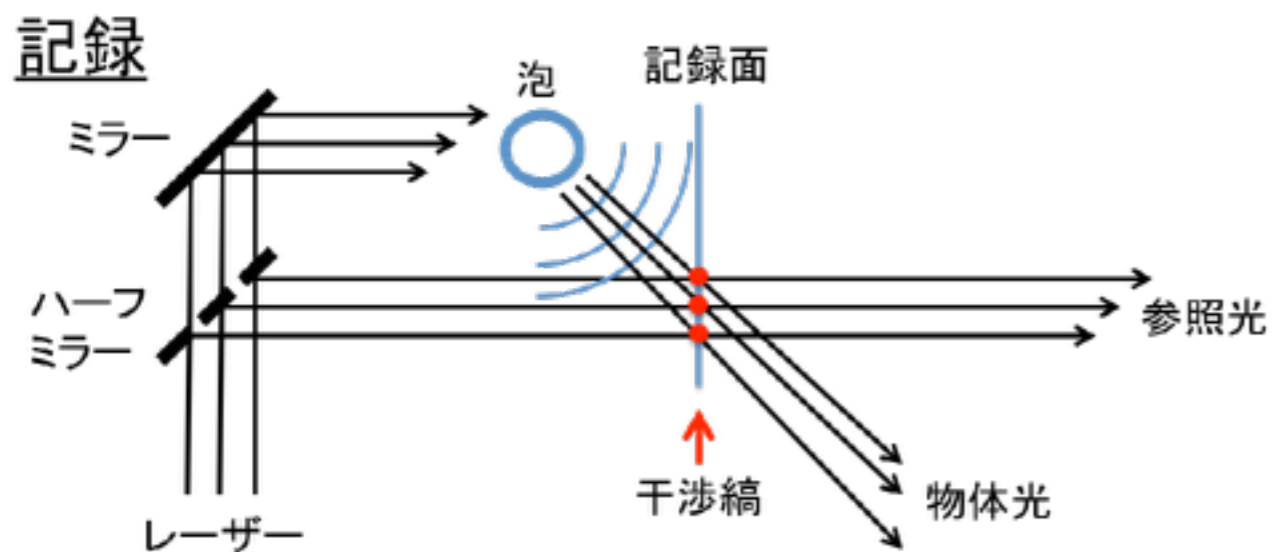
LEDとカメラによる泡測定

- ・ 粒子識別
 - ・ 事象位置測定
 - ・ エネルギー測定
- + PMT保護のシャッター

ホログラフイー写真

- 精密なバーテックスおよび飛跡の測定

ホログラフイー写真



2β のバーテックス、発生した β の角度相関が確認できる可能性がある

まとめ

- ・ ニュートリノレス二重ベータ崩壊探索、暗黒物質探索では発光測定と粒子識別を組み合わせて感度向上が期待される
- ・ 泡箱検出器による飛跡と事象パターンの確認によって粒子識別が可能
- ・ キセノン泡箱の開発を行う
 - 泡箱装置の製作
 - 泡箱での物理事象の測定と事象パターンの確認
 - 発光と泡箱写真の複合測定
 - ホログラフィー技術を用いた詳細なバーテックス・飛跡測定
- ・ 以上より、粒子識別が可能な検出手法の確立、二重ベータ崩壊反応については 2β 信号の特定の可能性を探る